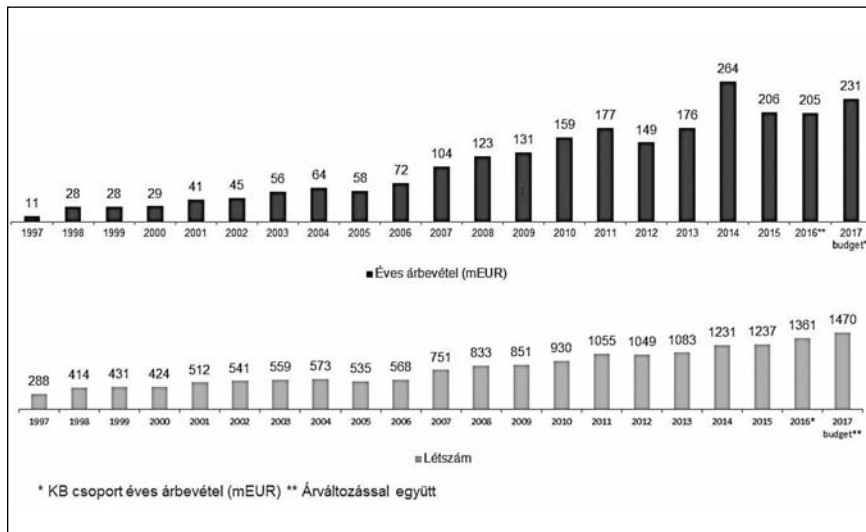


HALÁSZ BÉLA – PETUS RÓBERT

Vasúti fékberendezések – öntészet a Knorr-Bremse Budapestnél*

A Knorr-Bremse vasúti fékrendszereket gyártó üzeme több mint húszéves múltta tekint vissza Budapesten. Sikerességének köszönhetően meghatározóvá vált a vállalatcsoporton belül. Ennek a sikernek nemcsak a gyártókapacitás bővülése, de az egyre komplexebb mérnöki munkát igénylő fejlesztések megvalósítása is záloga. A különböző területeken felhalmozott tudás összegyűjtésére, rendszerezésére és továbbadására, ill. az e területeken megvalósítható fejlesztések koordinálására műszaki szakértői team alakult. A szerzők az öntészeti területen folyó munkáról számolnak be.



1. ábra. A Knorr-Bremse Budapest éves árbevételének és létszámának alakulása

Bevezetés

A Knorr-Bremse a világ piacvezető vasúti szerelvény- és haszongépjármű-fékrendszer gyártója, több mint százéves múlttal rendelkezik a fékberendezések tervezése és gyártása terén. A Föld 30 országában több mint 100 helyszínen – melyből mintegy 80

gyártóüzem – van jelen. A Knorr-Bremse Budapest az elmúlt húsz évben stabilan fejlődött és egyre meghatározóbb pozíciót tölt be a cégcsoportban. 2017-ben fejeződött be egy újabb, világszínvonalú, 11.000 m²-es létesítményének kialakítása és felszerelése, így a társaság 46.000 m²-es, pormentes gyártási körülményeket

biztosító épületegyüttesben folytathatja kutatás-fejlesztési, valamint gyártó tevékenységét. Az 5,28 Mrd Ft-os fejlesztéssel jelentősen kitágult a cég termék- és szolgáltatásportfóliója, gyártási volumene. Ezzel a budapesti gyáregység lett nemcsak a cégcsoport, hanem a világ legnagyobb, teljes vasúti fékrendszereket fejlesztő- és gyártóközpontja. Az 1997-es alapítás óta tartó töretlen fejlődés következtében az éves árbevétel és a foglalkoztatottak létszámát tekintve is nemzetgazdasági tényezővé nőtte ki magát a vállalat (1. ábra).

A budapesti vállalat felépítése

A budapesti telephelyen három gyártási szegmens, a fékvezérlés (BC – brake control), a fékmechanika (BE – bogie equipment) és a léggellátás (AS – air supply), ezek mellett önállóan a tehervagon üzem, valamint megmunkáló és felületkezelő üzem és nagy létszámú tervező-fejlesztő mér-

Halász Béla okl. kohómérnök, gépészmérnök. Tanulmányait a Miskolci Egyetem Dunaújvárosi Főiskolai Karán, 1998-ban mint gépész-, majd a Miskolci Egyetemen, mint kohómérnök-hallgató 2000-ben végezte. 2000-ben a ME Kohómérnöki Karának valétaelnöke volt. Szakmai pályafutását az Euro Metall/Europhönix Kft. vasöntődjében kezdte minőségügyi mérnökként, majd Apcon, az akkori Georg Fischer AG, későbbi ADAcast Kft. nyomásos öntőde projektmenedzsereként folytatta. Dolgozott a Georg Fischer AG herzogenburgi telephelyén, az alumínium-kokillaöntődjében minőségbiztosítási területen, majd a Busch-Hungaria Kft. győri vasöntődjében, mint technológia- és projektmenedzsment vezető. Jelenleg a Knorr-Bremse Rail Systems Budapest Kft. műszaki szakértői csoportjának vezetője.

Petus Róbert okl. kohómérnök a Miskolci Egyetemen 2011-ben szerzett oklevelet. 2009-ben a Miskolci Egyetem Anyagmérnöki Karán végző, első BSC-évfolyam valétaelnöke volt. 2010-ben a Busch-Hungaria Kft.-nél kezdte pályafutását metallurgus mérnökként, 2016-tól a Knorr-Bremse Rail Systems Budapest Kft.-nél öntészeti szakértő pozícióban dolgozik.

* A 24. Magyar Öntőnapon elhangzott előadás szerkesztett változata

nökség működik. A fékmechanika szegmens termékportfóliójában hagyományos és kompakt fékolló egységek (2. ábra), tuskós fékegységek (3. ábra) kapnak helyet.

A fékvezérlés szegmens vezérlési komponensek, érzékelők, továbbító rendszerek, fékvezérlő szelepek, míg a légellátás kompresszorok, légszárítók, levegőszűrők és kondenzátumleválasztók fejlesztésével, gyártásával foglalkozik.

A 2017. évi 231 millió eurós forgalom 75%-át a fékmechanika szegmens adta, mely egyben a legnagyobb mennyiségben használ föl öntött alkatrészeket. A 25 millió eurós öntvény beszerzési volumen kétharmadát gömbgrafitos vasöntvények, ötödét alumínium homok- és kokillaöntvények adják, de kisebb mennyiségben felhasználnak nehézfém-, nyomásos alumínium-, lemezgrafitos vas- és acélöntvényeket is (4. ábra).

A nagy beszerzési volumenekhez ugyanakkor rendkívül nagy öntvényváltozatosság is tartozik. A 17 millió euró beszerzési volumen gömbgrafitos öntöttvasak esetében 825 cikkszám, míg a 4,6 millió euró alumíniumöntvények esetében majd 400 kü-



2. ábra. Kompakt fékolló



3. ábra. Tuskós fékegység

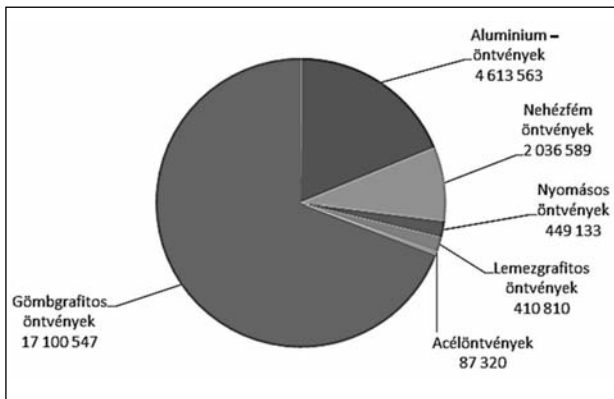
lönböző öntvénytípus között oszlik meg (5. ábra).

A budapesti mérnökség kompetenciái közé tartozik a tárcsás és tuskós fékegységek, a pneumatikus komponensek, a fékvezérlő panelek és a modularizált szeleprendszerek tervezése, validálása és élettartam-tesztelése, biztonságkritikus szoftverek, elektronikai termékek fejlesztése, teljes fékrendszerek tervezése, fejlesztése és tesztelése is.

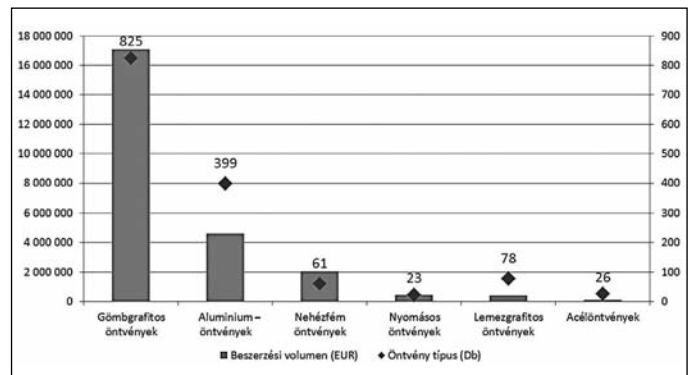
A 2013-ban átadott tesztközpontban mindhárom szegmens egységeit a legextrémebb felhasználási körülmények szimulálása közben lehetséges vizsgálni. A termékek klímakamrákban $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ és $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ között, akár ciklikusan változtatható páratartalom mellett tesztelhetők. Víz elleni tömítettség akár 120 bar nyomásig, pályán rögzített gyorsulásprofil akár 300 m/s^2 -ig vizsgálható. A tesztek során rendelkezésre álló mérőberendezések száma meghaladja a 750-et.

A műszaki szakértői csoport öntészeti megoldásai

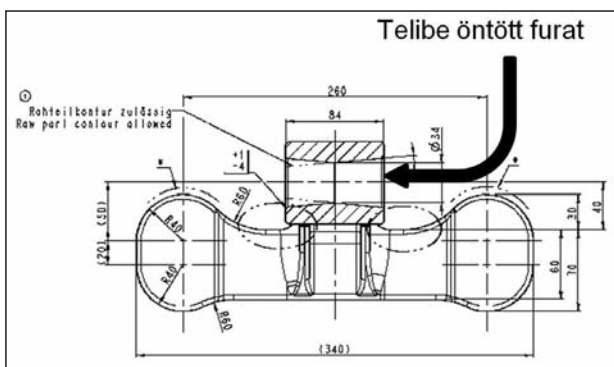
A vállalat vezetése 2016 elején hozta létre a műszaki szakértői csoportot, mely többek között az öntött alkatrészek fejlesztésén, a szakmai ismeret-



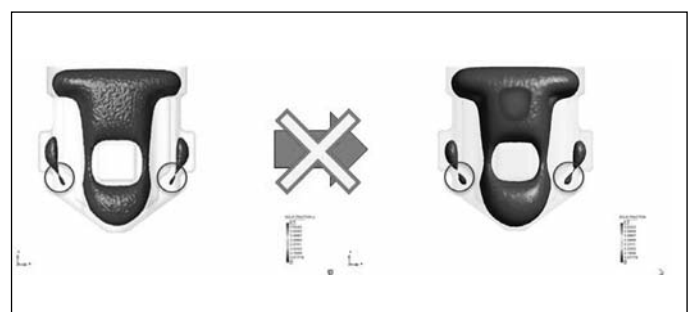
4. ábra. Öntvények beszerzésének arányai 2017-ben



5. ábra. Öntvénybeszerzési volumen megoszlása öntvénytípusonként



6. ábra. Példa előöntött/telibe öntött furatok alkalmazására



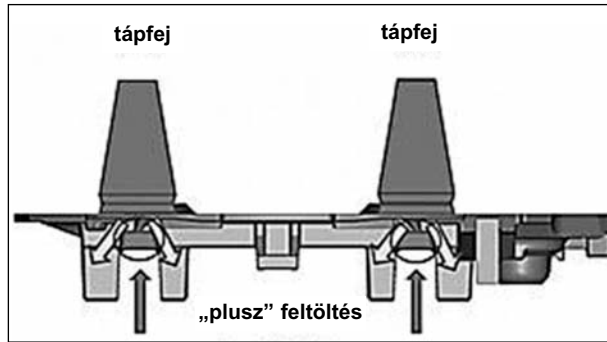
7. ábra. Házöntvény dermedési szimulációja.
a. Eredeti geometriával; b. Megnövelt falferdeséggel

tek összegyűjtésén és operatív munkába történő beépítésén fáradozik. A folyamatos fejlődéshez elengedhetetlen költségoptimalizálás terén az új és meglévő nagy éves volumenű öntvények dizájn módosításával, a gyártás racionalizálásával a Knorr-Bremse, ugyanakkor a beszállítók eredményessége is növelhető. Ezeken a területeken a műszaki szakértői csoport a felhasznált sokféle és nagyszámú öntvényvel kapcsolatban támogató szerepet játszik a beszerzés, a konstrukció és a minőségbiztosítás munkájában.

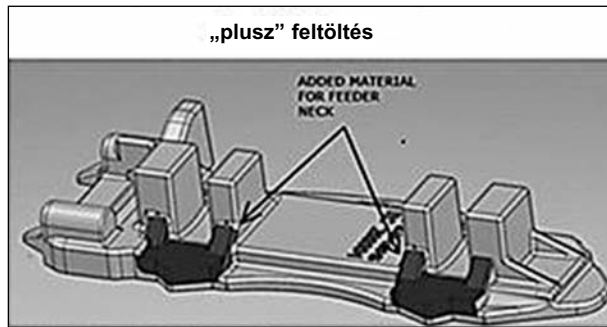
Minden nagy termékcsaládra műszaki irányelveket dolgoztak ki, melyek segítséget nyújtanak a konstruktőrök számára az öntéstechnológia, az osztósík(ok), és a méret-tűrések megválasztására. Ezeken felül öntészeti szempontból olyan nélkülözhetetlen információkat is tartalmaznak, mint például az első felfogás pontjai, melyekre megmunkáláskor tájolóják az öntvényeket, ebből adódóan ide pl. köszörült felület nem eshet.

A műszaki irányelvek különböző technológiai ajánlásokat is adnak. Például a 6. ábrán látható öntvény fejrészében a furat telibe öntésének lehetőségével az öntvény mag nélkül önthetővé válik. Ez mind az öntőde, mind a Knorr-Bremse számára gazdaságosabb megoldást jelent, illetve elkerülhetővé válik egy nehezen kitéplálható öntvényfal találkozási pont.

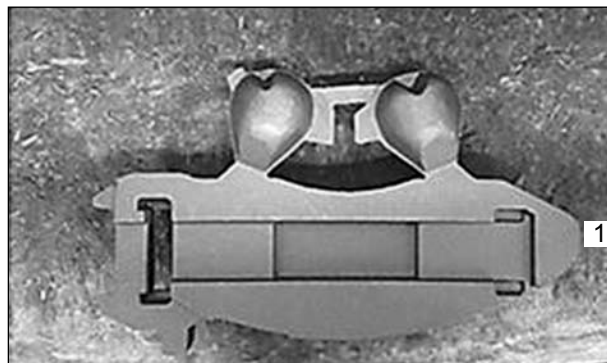
A 7. ábrán látható biztosítékház esetében a cél az öntési technológia egyszerűsítése volt az öntési helyzet megfordításával. Eközben felvetődött az öntvény sarkiban található furathelyek formázási ferdeségének növelése is, a dermedés irányítása érdekében. Rendelkezésre áll a solid Thinking CLICK 2 CAST nevű öntészeti szimulációs szoftvere, mellyel



a

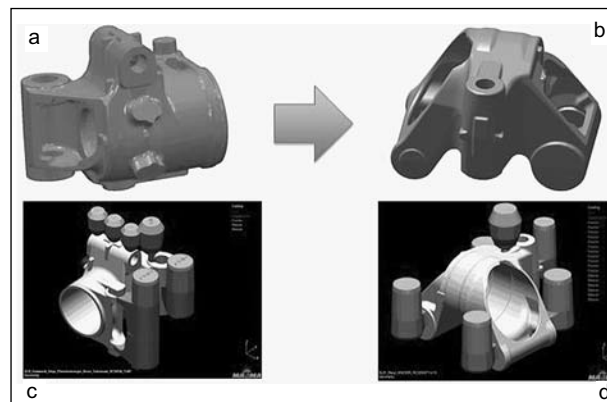


b



c

■ 8. ábra. Fékbetét tartó. a. Vízszintes öntési technológia; b. Feltöltés a függőleges öntéshez; c. Függőlegesen öntött darab tápfejjel



■ 9. ábra. Fékolló ház öntvény. a. Eredeti geometria; b. Új geometria; c. Eredeti táplálórendszer; d. Új táplálórendsze

mindkét változat dermedésszimulációja elkészült. Kiderült, hogy a változtatás előnytelen, nagyobb tömegű a megszilárdulásakor különböző folyé-

kony fázis, így a főlegesenek bizonyult változtatás nem került bevezetésre.

Az öntőde részéről, melyre korábban „házon belül” ne született volna meg a válasz.

Tengelyre vagy kerékre szerelt fék-

A 8. ábrán vasúti fékbetéttartó öntvény látható. Öntése jelenleg vízszintes osztású formázósoron történik. A tápfejek hatásövezeteinek kiterjesztése miatt az öntvénygeometriát jelentős mennyiségű „plusz” feltöltéssel kellett kiegészíteni, melynek utólagos eltávolítása nagyban megnövelte a megmunkálási ráfordításokat.

A költségek optimalizálását függőleges osztású Disamatic formázósorra történő áttechnológizálással terveztük megoldani. Ez több előnyt is rejtett magában: a megmunkálási költségek csökkenését, az exoterm tápfejek helyett natúr tápfejek alkalmazását és egy eleve olcsóbb technológia használatának lehetőségét. Több variáció után végül két kisebb feltöltés jelentette a megoldást (a 8.b ábrán sötéttel kiemelve), melyeken keresztül lehetővé vált a négy „láb” táplálása, illetve jobb kilevegőztetése.

Tárcsás fékolló ház újabb generációjának tervezésekor a Műszaki Szakértői Team aktív közreműködésével sikerült olyan geometriát kialakítani, mely az eredetihez képest egy maggal kevesebbrel önthető. Az új dizájn két típusra bontja az eredetit (9. ábra).

A 9.a és 9.c ábrán az eredeti, a 9.b és 9.d ábrán a parkolófék nélküli verzió látható. Ennél az öntészeti szempontból bonyolult öntvénynél – hála a gondos szakmai előkészítésnek – költségoptimalizáltan gyártható öntvénymodell sikerült letenni a beszállító asztalára. A dizájnnal kapcsolatban nem merült föl olyan kérdés

az öntőde részéről, melyre korábban „házon belül” ne született volna meg a válasz.

Tengelyre vagy kerékre szerelt fék-

tárcsákhoz használt fékolló ház esetében az elégtelen mechanikai eredmények miatt az öntvény első mintáját többször elutasították.

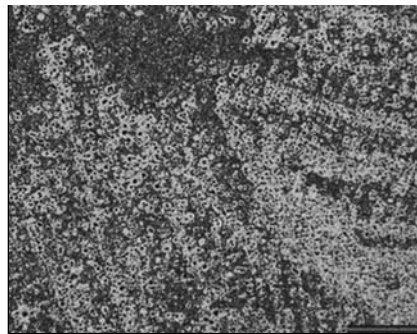
A 10. a ábrán láthatóak a pálcakivételi helyek. Szakítóvizsgálatot követően – az előírásoknak megfelelően – csak $N = 100 \times$ nagyításban vizsgálták a pálcákat. A szériavizsgálatok nem adtak választ a problémára. A lehetséges okokat kutatva kisebb nagyításban a csiszolaton grafit sorba rendeződést lehetett felfedezni, mely magyarázta a gyengébb mechanikai eredményeket (10.b ábra).

A következő probléma a már korábban látott ház forgácsolás utáni nyomástömörség-vizsgálatánál jelentkezett. Szivárgásjelző spray-vel nem lehetett megállapítani a szivárgás helyét. Víz alatti vizsgálatnál az öntési helyzetben és beépítés szerint is alsó légcsatlakozónál azonban 30-40 másodperc után „permetszerű” jelenség (11. ábrán nyíllal jelölve) volt megfigyelhető. A légcsatlakozóban olyan apró mértékű porozitásláncolat volt (12. ábra), amely fűrészelés után nem volt látható, csak polírozást követően. A hiba nagyságára jellemző, hogy az első minta vizsgálata során még a röntgenvizsgálat sem mutatta ki.

A légcsatlakozót az eredeti öntés-



a



b

■ 10. ábra. Fékolló ház. a. Vizsgálati helyek; b. Szövetkép, $N = 25 \times$

technológiában a belső nagy magban elhelyezett hűtővassal hűtötték belülről, amely talán szerepet játszott a porozitásláncolat kialakulásában. Forgácsoláskor a légcsatlakozásra szolgáló két furattal ez a porozitásláncolat „össze lett nyitva” és a levegő ezen keresztül át tudott járni.

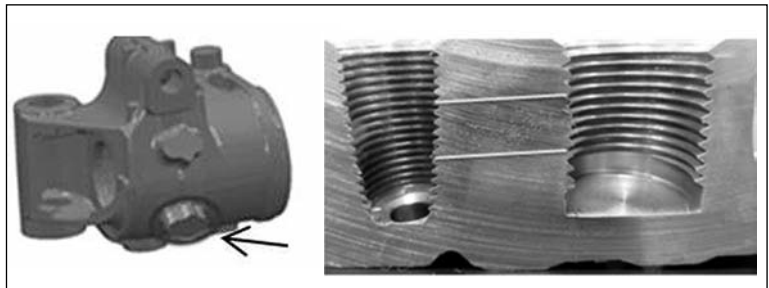
A leggyorsabb – és legolcsóbb – megoldásnak egy beolvadó hűtőtüske alkalmazása mutatkozott, amely azonban nem olvadt be teljesen, sőt össze sem olvadt az olvadékkal, és annak ellenére, hogy a porozitásláncot „kettévágta”, a hűtővas melletti résen – bármennyire keskeny is volt az – nyomástömítetlenséghez vezetett (13. ábra).

Ezt a légcsatlakozót később egy magban kialakított natúr tápfejjel láttuk el, amely végül megszüntette a hibaokot. A megoldás bevezetése után azonnal visszaesett a szivárgás miatti selejt öntvények száma (14. ábra).

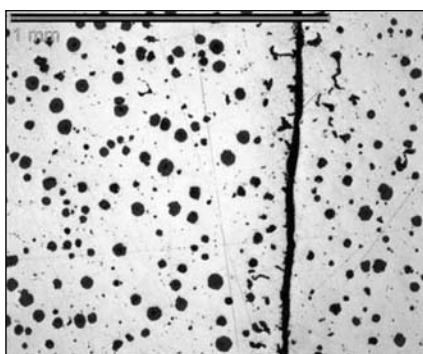
Az előzőhöz hasonló típusú, de eltérő geometriájú ház belső megmunkált felületén hibák táruultak föl. A mikroszkópi vizsgálattal megállapítható volt, hogy salak- és homokzárványok okozták a hibákat (15.a és b ábra). Az eredeti öntési elrendezésben a formátöltés két tápfejen keresztül történt, ebből adódóan az öntvény közepén olvadékfrontok találkoztak, éppen ott, ahol a hibajelenség előfordult. A beszállítónál történt megbeszélés során a beömlőrendszer egyik ágának lezárásáról született döntés (15.c ábra). A próbadarabok megmunkálása igazolta, hogy a probléma megszűnt, a zár-



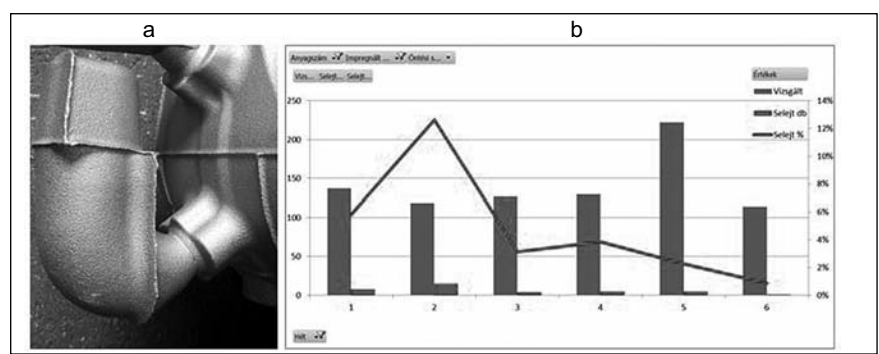
■ 11. ábra. Fékolló ház szivárgási vizsgálata



■ 12. ábra. Fékolló ház. a. Szivárgó légcsatlakozó; b. Keresztmetszet, megjelölve a furatok közötti „porozitáshíd”



■ 13. ábra. Rész a hűtővas és az öntvény között, $N = 100 \times$



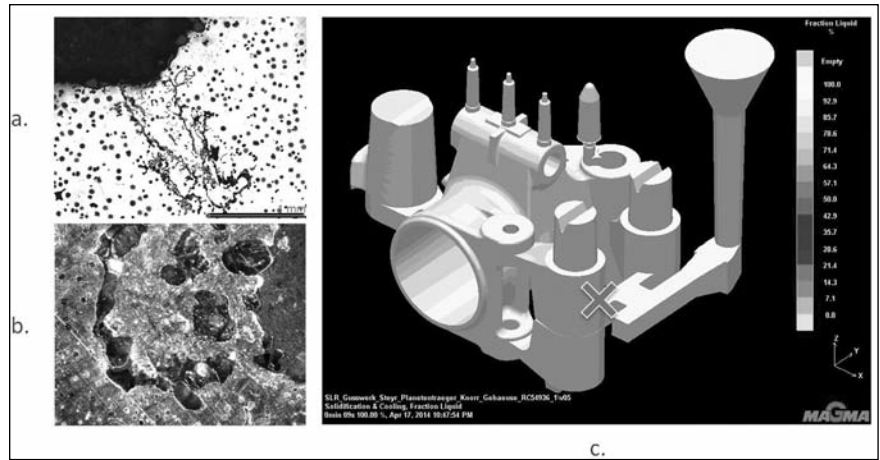
■ 14. ábra. Fékolló ház. a. Légcsatlakozó táplálása; b. A szivárgás okozta selejt változása

ványok egy irányban, a lezárt tápfejbe úsztak föl.

Jövőbeli terveink

A jövőben a vasöntvények gyártása területén a terveink között szerepel – szorosan együttműködve a fejlesztési csoporttal – a nagy szilíciumtartalmú, ferrites alapszerkezetű öntöttvasak gyártásának bevezetése. A nemrégiben beszerzett 3D-s fényomtató, amely ugyan a nagyszériás – és gömbgrafitos – öntvénygyártást nem helyettesítheti, de új dimenziókat nyithat meg például az alkatrésztesztelésben. Ezen felül lehetőség szerint szeretnénk az alumíniumöntvényeinket is szabványosítani.

Részvételünk és prezentációnk a 24. Magyar Öntőnapok konferenciáján a Knorr-Bremse azon törekvését



■ 15. ábra. Fékolló ház. a. Salakzárvány, N = 50 x; b. Homokzárvány, N = 50 x; c. A lezárt beömlő

szolgált, hogy a magyar öntészeti élet képviselőivel megismertessük a budapesti telephelyen folyó munkát és az öntvénybeszállítóinkkal közö-

sen végzett fejlesztések bemutatásával háttérrel teremtsünk jövőbeni, mélyebb tartalmú szakmai előadásoknak.

GYARMATI GÁBOR – FEGYVERNEKI GYÖRGY – TOKÁR MONIKA

Az öntészeti Al–Si ötvözetek kémiai szemcsefinomítása.

I. rész. Irodalmi áttekintés

Az alumíniumötvözetek szilárdságnövelésének egyik lehetséges módszere a szemcsefinomítás. Kémiai szemcsefinomítás során olyan segédötvözetet adnak a fémolvadékhoz, amely a priméren kristályosodó α -Al dendritkristályok szemcseméretét csökkenti. Dolgozatunkban áttekintjük a szemcsefinomító segédötvözetek alkalmazásával kapcsolatos, ipari gyakorlatban is hasznosítható elméleti ismereteket, a szemcsefinomító működési mechanizmusára vonatkozó főbb elméleteket és a finomítás hatékonyságát befolyásoló fontosabb tényezőket.

1. Bevezetés

Az öntészeti alumíniumötvözetek (sziluminok) priméren kristályosodó α -Al fázisának segédötvözetekkel végzett

szemcsefinomításának gyakorlata az 1930-as évek elejére vezethető vissza, amikor is megkezdődött a titánötvözeteknek e célból való alkalmazása.

A szemcsefinomítás jelentősen javítja az öntvények szilárdsági tulajdonságait, ami annak köszönhető egyrészt, hogy a szövetszerkezet finomodásának eredményeként a másod-

Gyarmati Gábor 2017 decemberében szerzett BSc-anyagmérnöki oklevelet a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karán Járműipari öntész – öntész szakirányon. Jelenleg az ME MAK MSc-s elsőéves kohómérnök hallgatója. A Műszaki Anyagtudományi Kar TDK I. helyezetteje (2016, 2017), OMBKE-különdíjas (2016), TDK-különdíjas (2017), Ezüst Lanzetta-díjas (2017). Tanulmányi eredményei alapján két alkalommal a Tanulmányi Emlékérem Arany-, egy alkalommal pedig Bronz fokozatát nyerte el. Kutatási területe: az Al–Si öntészeti ötvözetek esetén alkalmazott olvadékkezelési módszerek hatásainak vizsgálata.

Tokár Monika 2011-ben végzett okleveles kohómérökként a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karán öntész-anyagvizsgálat szakirányon. Jelenleg a Miskolci Egyetem Önté-

szeti Intézet tanársegédje. Apáczai Csere János Doktoranduszi Ösztöndíjas (2013–2014), Kiváló fiatal öntész MŐSZ-díjas (2015) és Kiváló konzulens (2017). Kutatási területe az Al–Si öntészeti ötvözetek esetében alkalmazott módosító elemek hatásának vizsgálata.

Dr. Fegyverneki György 2001-ben szerzett kohómérnöki diplomát a Miskolci Egyetemen, 2007-ben védte meg PhD-értekezését. 2010 óta a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karának címzetes egyetemi docense, a Fémöntészet tantárgy oktatója, 2015-től a Könnyűfémöntészeti Nemak Kihelyezett Tanszék vezetője. Kutatási területe: könnyűfémöntés technológiája, alumíniummetallurgia, hőkezelés, szerkezetvizsgálat, repedésanalitika.